

Désertification des parcours arides au Maroc

H. Mahyouh^{1,2*}, B. Tychon¹, R. Balaghi³, J. Mimouni² & R. Paul⁴

Keywords: Arid rangeland- Desertification- Indicators- Surveillance- Morocco

Résumé

Les terres de parcours naturels arides du Maroc sont des écosystèmes avec une végétation naturelle ou semi naturelle composée de steppes, d'arbustes et de prairies. Elles représentent 82% de la superficie des terres arides marocaines. Ces terres offrent des moyens de subsistance à des milliers de personnes et protègent le pays d'une désertification rapide. Malgré l'importance de ces zones fragiles, il est étonnant qu'il n'y ait, à ce jour, aucune évaluation globale de leur état et de leur évolution, entravant ainsi tout plan d'aménagement ou de lutte contre la désertification. Toutefois, les informations disponibles sur certaines zones pilotes montrent que ces terres sont menacées par la désertification. Ce phénomène agit grandement sur la perte de la biodiversité végétale et contribue, en outre, aux changements climatiques. Les causes principales de la dégradation sont les actions anthropiques qui sont accentuées par le climat. La mise en place d'un système de surveillance global basé sur de la télédétection spatiale, des données biophysiques et socio-économiques, doit être envisagée pour fournir aux décideurs un outil opérationnel adapté du suivi spatio-temporel de la désertification.

Summary

Desertification of Arid Rangelands in Morocco

Rangeland or natural arid pastures of Morocco are ecosystems where there is a natural or semi-natural vegetation composed of steppes, shrubs and grassland. They cover about 82% of the Moroccan arid lands. These areas represent livelihoods for thousands of people and protect the country from desertification. Despite the importance of the rangelands and the threat of desertification, it is surprising that up to date there is no comprehensive assessment of their condition and their evolution, hindering any plan for desertification alleviation. However, the available information on selected pilot areas shows that these rangelands are threatened by desertification. It's associated with biodiversity loss and contributes to climate change. The leading causes of land degradation are the human actions combined with climate. The establishment of a comprehensive surveillance system based on remote sensing, biophysics and socio-economic data must be envisaged to provide policymakers with an operational tool adapted to the spatio-temporal monitoring of desertification.

Introduction

Au Maroc, les terres de parcours correspondent à des écosystèmes portant une végétation naturelle ou semi naturelle composée de steppes, arbustes et prairies, utilisés essentiellement pour la production animale, le climat et le sol étant très défavorables pour l'agriculture. La plupart de ces terres se trouvent dans les zones arides et semi-arides (54% du territoire). Elles se situent dans les régions où les isohyètes sont inférieures à 600 mm/an (11). Ces terres sont classées en trois sous-types d'aridités: hyperaride, aride, semi-aride respectivement pour des zones situées dans les isohyètes inférieures à 100, 100-400 et 400-600 mm (16). Le niveau d'aridité typique pour chacun de ces sous-types est défini par un indice d'aridité correspondant au rapport entre les précipitations annuelles moyennes et l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne. La suite du texte ne considérera plus que les deux zones arides et semi-arides qui

seront reprises sous le terme unique de zone aride (Figure 1, encadré dans la partie supérieure droite de la figure). Ces terres de parcours offrent des moyens de subsistance à des milliers de personnes et protègent le pays d'une désertification rapide.

Le terme désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines (29). En ce sens, la dégradation des terres désigne la diminution ou la disparition, dans les zones susmentionnées, de la productivité biologique ou économique des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées, du fait de l'utilisation des terres ou d'un ou de plusieurs phénomènes tels que l'érosion des sols causée par le vent et/ou l'eau, la détérioration des sols et la

¹Faculté des Sciences, Université de Liège (ULg). Campus Arlon. Département Sciences et Gestion de l'Environnement. Avenue de Longwy, 185 - B-6700 Arlon. mahyouh@yahoo.com; bernard.tychon@ulg.ac.be

²Centre Régional de la Recherche Agronomique. Oujda. INRA Maroc B.P 428. jmimouni@yahoo.com

³INRA, Département de l'Environnement et des Ressources Naturelles, Division Scientifique. Avenue de la Victoire, BP 415, Rabat RP, Maroc. riad.balaghi@gmail.com

⁴Université de Liège, (GxABT ex FuSAGx), Laboratoire de toxicologie environnementale, 2, Passage des Déportés, 5030 Gembloux, Belgique. paul.r@fsagx.ac.be

Reçu le 12.11.09 et accepté pour publication le 26.04.10.

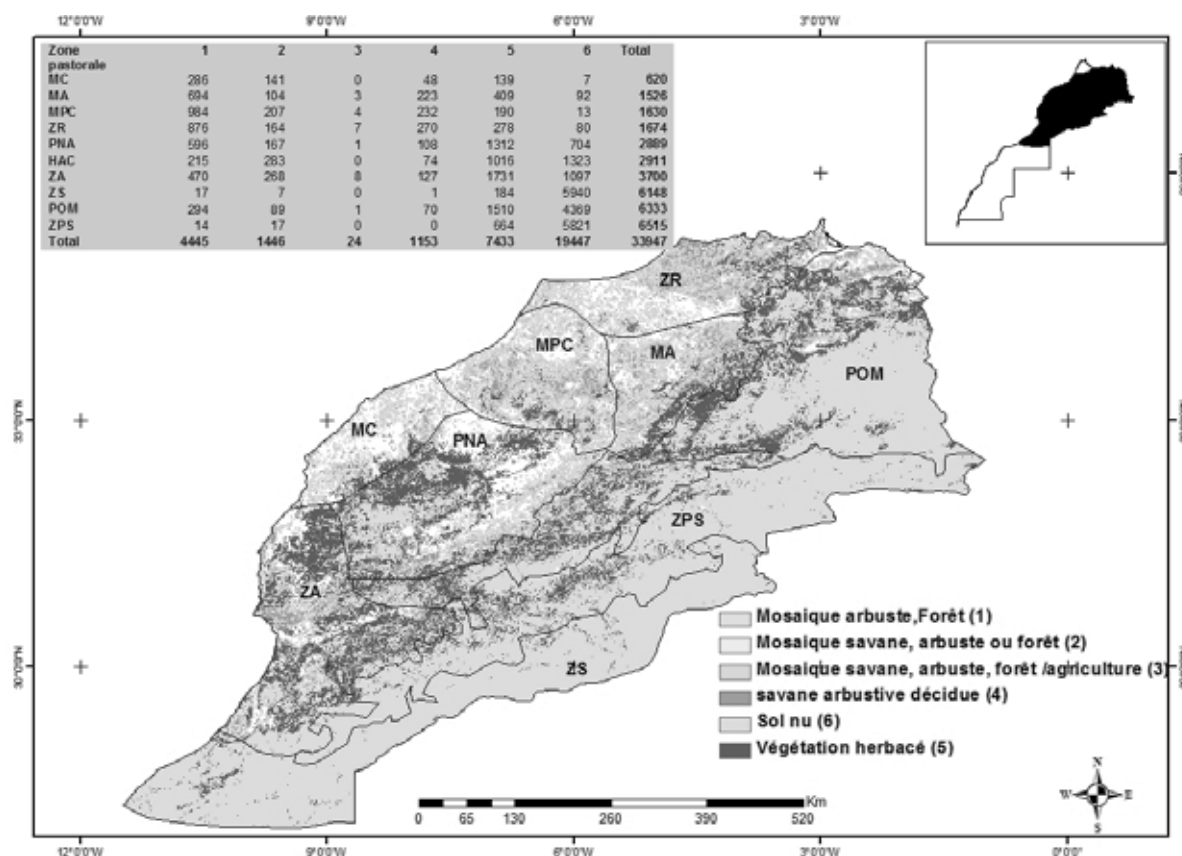


Figure 1: Occupation du sol des terres de parcours par zone pastorale (en 1000 ha) dans la zone aride du Maroc.
Données Sources: MARA (20) et Globcover for North Africa (14).

MC: Meseta Côtière, MPC: Zone de la Mamora et Plateau Central, RB: Zone Rifaine et ses Bordures, MA: Le Moyen Atlas de l'Arganier, ZS: Zone Saharienne, ZPS: Zones Présahariennes, POM: Plateaux de l'Oriental et Vallée de la Moulouya. PNA: Plateaux et Plaines Nord Atlasiques, HAC: Zone du Haut Atlas Central et Oriental, ZA: Zone

disparition à long terme du couvert végétal (29). Malgré l'importance des terres de parcours, la littérature sur leur état au Maroc est très controversée. Les documents officiels du gouvernement annoncent des chiffres alarmants sur le taux d'avancée du désert et sur les surfaces affectées par la désertification (26). D'autres sources, en revanche, annoncent que la désertification a été surévaluée depuis des décennies pour faciliter et justifier les politiques et les changements de lois qui sont systématiquement désavantageux aux populations locales et aux autres acteurs, causant ainsi des dommages à l'environnement (6). Etant donné le manque d'informations scientifiques cohérentes sur l'état des parcours au Maroc, la plupart des projets de développement des terres de parcours ont été mis en application en se basant principalement sur des opinions d'experts ou sur des sources secondaires. Cet article a pour but de présenter un aperçu sur la menace de la désertification qui pèse sur les terres de parcours marocaines, d'en déterminer les causes et d'en analyser les conséquences pour conduire à une proposition de surveillance spatio-temporelle à long terme.

Matériels et méthodes

L'approche utilisée s'articule sur la récolte et l'analyse de trois sources d'informations: les sources écrites

ou bibliographiques, les sources cartographiques géoréférencées et les sources statistiques ainsi que les données climatiques.

Sources bibliographiques: Il s'agit de réaliser une exploitation des documents officiels, des études et rapports existants au niveau national ou au niveau des zones pilotes sur la dégradation des parcours arides marocains. La bibliographie internationale et la documentation disponible sur d'autres régions similaires ont aussi été utilisées. Ces informations ont été exploitées de façon à explorer les processus de désertification des parcours arides, et à connaître les indicateurs, les causes et les outils de surveillance. Cette étape nous a permis l'élaboration d'une synthèse documentaire sur la désertification des parcours arides.

Sources cartographiques: Afin de compléter la documentation disponible, une base de données sous forme de Système d'Information Géographique (SIG) a été élaborée. Les principales sources utilisées en cartographie sont les limites administratives, la carte d'occupation du sol extraite à partir de Globcover (14), la carte des écosystèmes pastoraux marocains, la carte d'aridité et d'autres données auxiliaires. La carte digitale d'occupation des sols «Globcover», élaborée

en 2008, est l'unique référence, issue de la télédétection, à moyenne résolution spatiale publiée en la matière et qui intègre le Maroc dans sa zone de couverture. Toutefois, elle présente des limites concernant la réalité de la couverture végétale, notamment son incapacité à bien différencier le sol nu de la végétation naturelle dégradée comme en témoigne la classification de la zone des Plateaux de l'Oriental, surestimant très largement la part attribuée aux sols nus (23). Les différentes informations ont été intégrées dans un SIG puis traitées et analysées dans le but d'aider à expliquer le phénomène de désertification dans les zones arides marocaines. Les cartes thématiques disponibles sous format papier ont été scannées, puis digitalisées. Ces différentes cartes thématiques ont permis de délimiter les zones arides du Maroc, les différentes zones pastorales, l'occupation du sol des parcours arides par zone pastorale, l'état de dégradation ainsi que les statistiques correspondantes.

Sources statistiques et données climatiques: Les statistiques officielles sur les petits ruminants durant la période 1979-2006, ont servi de base de données pour l'analyse des tendances actuelles concernant la répartition du cheptel ruminant. Egalement, une analyse climatique a été réalisée en se basant sur des séries pluviométriques mensuelles qui s'étalent de 1979 à 2006.

Résultats et discussion

1. Etat actuel des terres de parcours arides

Au Maroc les terres de parcours se retrouvent sur dix zones pastorales (Figure 1) qui diffèrent les unes des autres par leurs compositions floristiques et leurs conditions édapho-climatiques (20).

L'analyse de la carte Globcover sur SIG montre que 82% de la superficie des zones arides est occupée par les terres de parcours (Tableau 1). Les principales espèces végétales sont citées dans la littérature en fonction des zones pastorales (3).

Les terres de parcours sont dominées essentiellement par les classes: sol nu, végétation herbacée, végétation arbustive décidue et mosaïque savane/ arbuste ou forêt. On constate que les terres de parcours désertifiées (classe «sol nu») représentent 57% de la superficie des terres de parcours arides

2. Les indicateurs de la désertification

Les indicateurs de désertification peuvent être divisés en trois grandes catégories: les indicateurs physiques, biologiques et socio-économiques. Le manque de publications sur tous ces indicateurs de dégradation au niveau des parcours arides nous amène à n'aborder dans cette partie que les indicateurs biologiques principalement ceux liés au végétal.

2.1. Réduction des surfaces et perte de la biodiversité végétale

La carte d'occupation du sol «Globcover» met en évidence l'étendue des parcours dégradés. Ainsi, les sols nus représenteraient 57% de la superficie des parcours des zones arides.

Les études récentes ayant trait à la dynamique de la végétation peuvent illustrer cette situation. En effet, l'analyse de deux images satellitaires Landsat TM, prises en 1988 et en 2000 dans le périmètre pastoral de Ain Béni Mathar au nord des POM, a permis d'estimer la perte annuelle des steppes alfatière (*Stipa tenacissima*) et à armoise blanche (*Artemisia herba alba*) à 3%, avec une tendance vers la disparition de l'armoise blanche (22).

Dans une autre étude (23), la comparaison de trois périodes (1970, 1988 et 2004), respectivement par une carte de végétation et deux images satellites Landsat, couvrant 700 000 ha dans le sud des POM, montre une réduction de la surface des steppes et un changement dans leur composition floristique. Les steppes alfatières et à armoise blanche sont remplacées par des espèces indicatrices de dégradation de la végétation, telles que *Noaea*

Tableau 1

Superficie et pourcentage des classes d'occupation du sol dans les zones arides du Maroc selon la carte Globcover 2008

Classe d'occupation du sol	Superficie (x1000 ha)	(%)
Agriculture	7264,4	17,4
Forêt dense	71,2	0,2
Ville	238,0	0,6
Eau	122,2	0,3
Mosaïque savane, arbuste, forêt (50-70%) / agriculture (20-25%)	4445,9	10,7
Mosaïque arbuste ou forêt (50-70%) / savane (20-50%)	1445,4	3,5
Mosaïque savane (50-70%) / arbuste ou forêt (20-50%)	24,2	0,1
Savane arbustive décidue	1153,2	2,8
Végétation herbacée (<15%)	7428,5	17,8
Sol nu	19463,9	46,7
Total	41656,9	100,0

Les zones pastorales les plus importantes en termes de superficie, notamment la zone saharienne (ZS), présaharienne (ZPS) et le Plateau de l'Oriental et la Vallée de la Moulouya (POM), sont les plus dégradées avec respectivement 97; 89 et 69%.

Tableau 2
Superficie désertifiée des terres de parcours arides

	Superficie parcours (x1000ha)	Surface désertifiée (x1000 ha)	(%)	Surface non désertifiée (x1000 ha)	(%)
Total	33961	19464	57	14497	43
ZS	6148	5940	97	208	3
ZPS	6515	5821	89	694	11
POM	6333	4369	69	1964	31
HAC	2911	1323	45	1588	55
ZA	3700	1097	30	2603	70
PNA	2889	704	24	2185	76
MA	1526	92	6	1434	94
ZR	1674	80	5	1594	95
MPC	1630	13	1	1616	99
MC	620	7	1	613	99

mucronata et *Peganum harmala*, ou laissent place à des sols nus. Les steppes à armoise blanche ont quasiment disparu et les steppes alfatières ont subi des pertes annuelles moyennes de 2,7 % (23).

2.2 Réduction de la productivité des parcours

Malgré l'importance de la productivité fourragère des parcours, les informations disponibles sur ce paramètre sont loin de rendre compte de la diversité des écosystèmes pastoraux, et encore moins de leur variabilité dans le temps, due aux conditions climatiques. L'évolution de la production n'est que rarement appréhendée sur un grand nombre d'années. Dès lors, il est difficile de dresser un tableau exhaustif des productions. Le manque de stations de mesures et de suivi des ressources pastorales est très marqué et les données disponibles dans la littérature correspondent le plus souvent uniquement aux pics de production des parcours (en avril, mai et juin).

La production était de 300-590 kilogrammes de matière sèche par hectare et par année (kg MS/ha/an), 240-600 kg MS/ha/an; 750-830; 590-883 et inférieure à 200 kg MS/ha/an, respectivement dans les zones présahariennes (ZPS), Zone du Haut Atlas Central et Oriental (HAC), Plateaux et Plaines Nord Atlasiques

(PNA), Meseta Côtière (MC) et Zone de l'Arganier (ZA) (19). Ces productions sont mentionnées à titre indicatif car les références sont anciennes et ne reflètent plus nécessairement la réalité actuelle.

Dans la zone POM, qui est la plus étudiée et qui est située sur des sols limoneux à argileux et sous une pluviométrie annuelle moyenne de 200 mm, la production oscille entre 10 et 100 kg MS/ha/an (17). L'analyse des données disponibles en 1970 (18), 1989 (2) et 2006 (17) montre une forte évolution de la variabilité de la production: d'un facteur de 1 à 27 pendant les années 1970, avec une moyenne élevée de 272 kg MS/ha/an, la production a varié d'un facteur de 1 à 20 en 1989, avec une moyenne de 156 kg de MS/ha/an, pour se réduire considérablement en 2006 où la production maximum a été à peine 10 fois supérieure au minimum pour une production moyenne très faible de 44 kg MS/ha/an.

Cette tendance est confirmée par les productions moyennes des steppes alfatières citées par plusieurs auteurs à différentes périodes (2, 12, 18, 21) (Figure 2). Avant 1990, La variabilité de la production était normale et suivait celle de la pluviométrie. A partir de 1990, on observe que la production diminue malgré

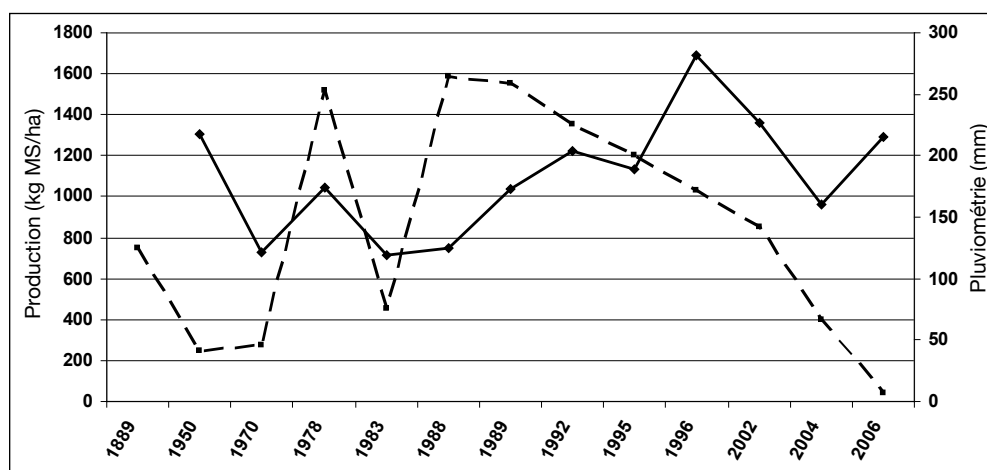


Figure 2: Variabilité interannuelle de la production des steppes alfatières (en kilogramme de matière sèche par hectare) et de la pluviométrie dans l'écosystème POM.

des années pluvieuses. Cette tendance régressive débouchera, à terme, sur des steppes à faible couvert végétal et à faible potentialité qualitative et quantitative. Ce type d'évolution a été noté ailleurs, comme conséquence de la dégradation des espèces pérennes (1).

Le recouvrement global aérien est généralement inférieur à 10 % dans la plupart des parcours (17). La production fourragère y varie entre 20 et 60 Unités Fourragères par hectare (21). L'apport des parcours dans le bilan fourrager du cheptel s'est fortement réduit, passant de 37% à 21% entre les périodes 1989 à 1992 et 2000 à 2003 (4).

3. Les causes de la désertification

La désertification des terres de parcours est causée par une combinaison de facteurs qui évoluent dans le temps: les facteurs indirects, tels que la croissance démographique, et les facteurs directs, comme les pratiques d'utilisation de ces terres et les changements climatiques.

3.1 Croissance démographique

De 1950 à 2004, la population marocaine a triplé (27) et les projections futures montrent qu'elle dépassera les 50 millions d'habitants en 2050 (5). La population urbaine représente actuellement 55% de la population totale, alors qu'elle ne représentait que 30% en 1960 (5, 27).

La croissance démographique semble être parmi les principales causes de dégradation des terres de parcours marocain en raison d'un changement dans le mode de consommation et une forte demande des produits issus des zones pastorales. La diminution de la population des zones pastorales, en raison de l'émigration interne et externe, s'est traduite par une tendance à la sédentarisation. On assiste à la disparition du libre accès aux parcours, et à une appropriation de ces terres conduisant à une surexploitation des ressources pastorales et une conversion des parcours en zones de culture.

3.2 Changements climatiques

Au Maroc, la pluviométrie saisonnière et annuelle des zones arides est fortement variable avec des coefficients de variation de la pluviométrie annuelle de 25 à 100% selon l'endroit (15). Ce sont surtout les précipitations printanières qui ont diminué (-40%), et les températures moyennes ont augmenté de 0,16 °C par décennie depuis les années soixante (7).

Les tendances futures, montrent, en général, une baisse des précipitations et une augmentation des températures au niveau national. La pluviométrie annuelle baissera de l'ordre de 20% d'ici 2050 et de

40% à l'horizon 2080. Cette chute affectera surtout les saisons pluvieuses notamment, l'automne et le printemps (13). Le réchauffement avoisinera 3 °C d'ici 2080 et atteindra même 5 °C dans certaines zones pastorales. Cet accroissement entraînera une augmentation de l'évapotranspiration de l'ordre de 20% d'ici 2050 et 40% à l'horizon 2080 (13). De même, il est tout à fait possible que les événements extrêmes, tels que les sécheresses prolongées et les pluies intensives, deviennent fréquents dans les terres de parcours arides (7). Ces tendances futures, conjuguées aux impacts déjà existants, vont entraîner une perte de la biodiversité des terres de parcours et augmenter leur vulnérabilité à la désertification.

3.3 Extension des zones de culture

Au Maroc, les terres de parcours ont, pour la plupart, un statut juridique collectif. La règle appliquée à ces terres, reprise du droit coutumier et inscrite dans le droit moderne, affirme que c'est l'appartenance au groupe ethnique (tribu, fraction, lignage..) qui ouvre le droit au parcours collectif (25).

La substitution progressive des entités administratives et élues aux organisations communautaires coutumières a entravé les règles communautaires régissant l'accès aux terres de parcours, au bénéfice des règles basées sur la propriété privée (25). L'expression la plus plausible de ce changement est l'accentuation du défrichement et l'extension des labours sur les terres de parcours dans le but de s'approprier individuellement ces terres.

Ainsi, la progression des terres de culture, avec une sédentarisation des familles, s'accélère. La comparaison entre les recensements généraux de l'agriculture de 1974 et 1996 et les statistiques officielles récentes du Ministère de l'Agriculture révèlent que la superficie cultivée au Maroc est passée de 7,2 à 8,5 puis à 9,2 millions, d'hectares notamment par le biais du défrichement des terres de parcours. Les superficies mises en cultures ont été multipliées par 5 et 14 respectivement dans le sud et le nord du POM en référence à l'année 1970, avec un rythme annuel de 500 ha et de 300 à 400 ha (9, 8). Cette conversion des parcours de façon anarchique en terres de cultures fait partie des principaux facteurs de dégradation et de conflits dans les zones pastorales. Elle joue un rôle clé dans la désertification par un surpâturage sur les terres non défrichées et une perte des sols par érosion éolienne et hydrique des terres mises en culture.

3.4 Surpâturage

La disparition progressive de la gestion des parcours par l'organisation communautaire traditionnelle a engendré l'émergence d'une situation de «tragédie

Tableau 3
Importance du cheptel par écosystème pastoral (moyenne 1979-2006)

Système	Nombre de têtes ovines (x1000)	Nombre de têtes caprines (x1000)
ZA	653,8	618,0
POM	2209,6	717,0
ZS	64,3	82,3
MA	1781,9	182,5
PNA	1792,4	426,3
MPC	1439,6	181,0
RB	760,3	495,6
ZPS	1074,7	923,1
HAC	752,4	624,8
MC	2067,6	93,8

MC: Meseta Côtière MPC: Zone de la Mamora et Plateau Central RB: Zone Rifaine et ses Bordures MA: Le Moyen Atlas PNA: Plateaux et Plaines Nord Atlasiques

HAC: Zone du Haut Atlas Central et Oriental ZA: Zone de l'Arganier ZS: Zone Saharienne ZPS: Zones Présahariennes POM: Plateaux de l'Oriental et Vallée de la Moulouya

Données Sources: Ministère de l'Agriculture, des Pêches Maritimes et du Développement Rural. 2007.

des communs» où une forte compétition sur les ressources pastorales est constatée entre la population d'un groupement ethnique. La principale conséquence en est le surpâturage qui est considéré comme la cause principale de la désertification des parcours (24).

Le surpâturage est une conséquence directe d'une augmentation de l'effectif des petits ruminants car les terres de parcours sont leur principale source d'alimentation. Aujourd'hui, cet effectif dépasse les 22 millions de têtes dont 76 % sont des ovins (Tableau 3).

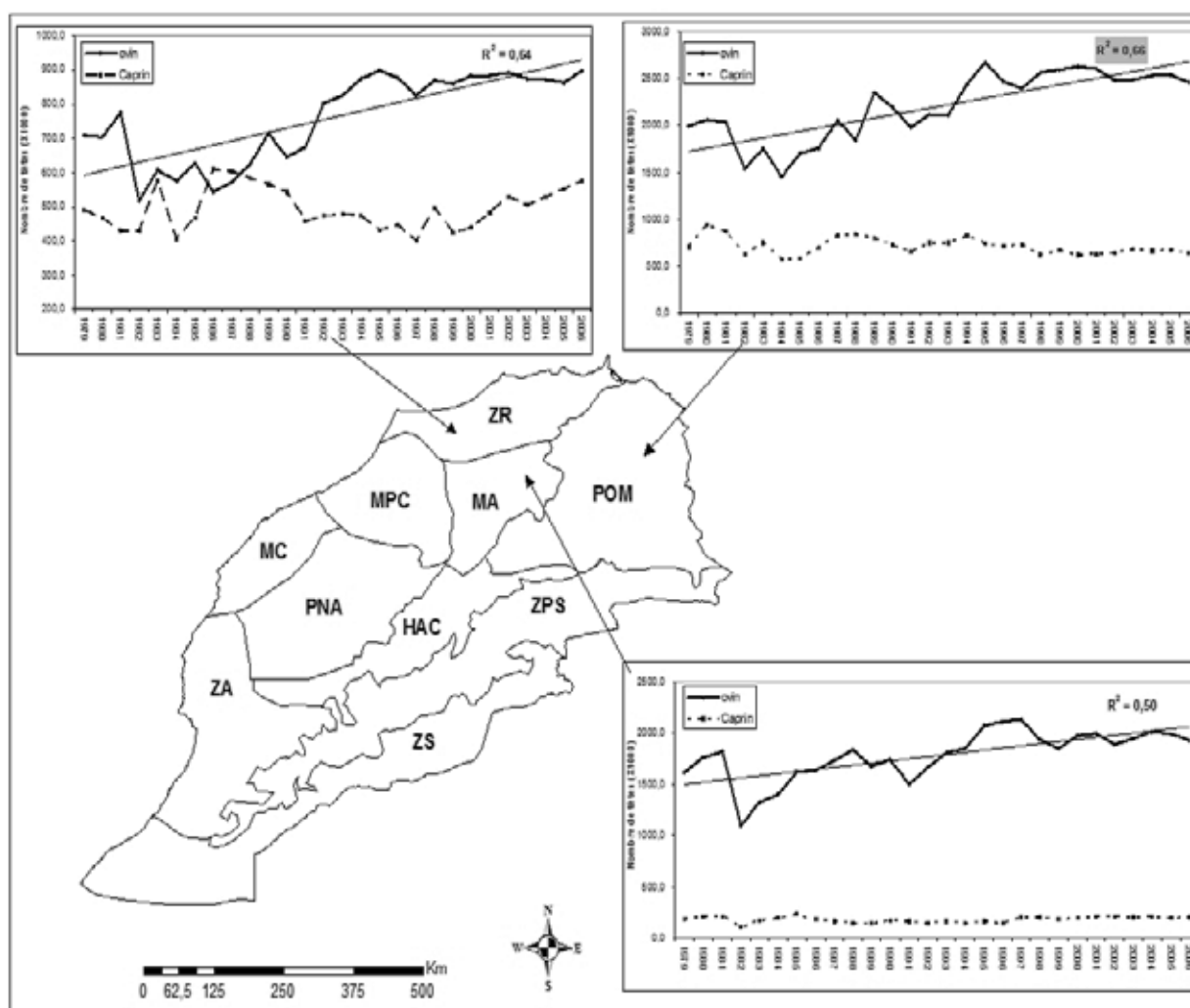


Figure 3: Evolution du cheptel ovin et caprin illustrée par trois zones pastorales (POM, RB et MA).

Globalement, sur les vingt-huit dernières années, le cheptel ovin a enregistré une augmentation, tandis que les caprins ont connu une diminution. Ces tendances ont varié d'un écosystème pastoral à l'autre. On remarque une augmentation très marquée des ovins dans les zones POM, Moyen Atlas (MA) et Rifaine et bordures (RB) (Figure 3). La zone RB, d'habitude caractérisée par l'élevage caprin voit, quant à elle, le cheptel ovin augmenter, probablement suite à la sédentarisation des éleveurs via la complémentation par l'achat d'aliments pour le bétail et à la dégradation des terres de parcours propices aux caprins.

L'augmentation de l'effectif du cheptel ovin n'est pas liée à la variation pluviométrique. A ce titre, l'exemple de la zone POM est frappant. Malgré une tendance de la pluviométrie à la baisse (- 0,25%/an), le cheptel ovin augmente de façon extraordinaire, en moyenne de 16.500 têtes/an (+ 4%/an). La mise en place, par le gouvernement marocain, du « fonds de sauvegarde du cheptel » a permis d'apporter un soutien aux éleveurs, sous forme de subvention d'aliments pour bétail et de prise en charge des frais de transport, ce qui a encouragé le maintien d'un nombre important d'ovins durant les périodes de sécheresse.

4. Surveillance de la désertification

L'absence de données précises sur le niveau global de dégradation des parcours arides et la contribution des différents facteurs rendent extrêmement difficiles la conception et la mise en application d'un système de lutte ou même le lancement d'actions préventives.

L'installation de stations de mesure des ressources pastorales au niveau de différentes zones est obligatoire pour permettre une surveillance efficiente à long terme. Cependant, les méthodes conventionnelles de surveillance de la désertification ne sont pas adaptées à l'échelle spatiale des parcours, qui couvrent d'immenses étendues et présentent des niveaux de désertification très variables et forts peu corrélés spatialement. En effet, les méthodes traditionnelles sont peu compatibles avec la vitesse de dégradation du milieu. Elles sont souvent longues à réaliser, compliquées à archiver et à diffuser, et leur mise à jour est toujours une opération lourde et très coûteuse.

La géomatique peut permettre de réaliser un outil de surveillance continu de la désertification et d'offrir des informations pour concevoir des scénarios de lutte (28). Cet outil doit se baser sur une série d'indicateurs spatiaux de dégradation du milieu issus d'une intégration pertinente de la télédétection spatiale combinée à de la biophysique de terrain, à l'agro-climatologie et aux informations socio-économiques dans un SIG.

La désertification étant un phénomène lent et graduel touchant de grands territoires, elle nécessite de longues séries d'images satellitaires de plusieurs dizaines de milliers de km². Les images à haute résolution spatiale sont limitées par leur coût élevé surtout quand il faut traiter de grands espaces. En définitive, les images de moyenne résolution spatiale (250 m x 250 m de taille de pixel) peuvent constituer un compromis intéressant en association avec les images satellitaires à haute résolution spatiale en des endroits ciblés du territoire à surveiller (10).

Le système de surveillance pourra être amélioré par l'intégration des données agro-climatiques, obtenues à partir d'un réseau de stations climatiques. A défaut de stations d'observation au sol, des données dérivées de modèles météorologiques peuvent être utilisées, comme celles issues du centre européen de prévision météorologique à moyenne échelle qui a de nouveau analysé toutes les observations météorologiques des 40 dernières années et les a rendues sous forme de grilles d'un demi degré. Enfin, des informations socio-économiques, notamment celles sur la population et le cheptel, viendront renforcer l'outil de suivi spatial en renseignant dans chaque zone pastorale sur les sources possibles de dégradation du milieu.

Conclusion

Les terres de parcours aride du Maroc s'étendent sur dix zones pastorales, soit une superficie dépassant 33 millions d'hectares. Ces zones contribuent à la subsistance de milliers de ruraux à faibles revenus et protègent le pays contre la désertification. L'évaluation de la désertification dans ces zones été approchée par des vues générales, par des opinions d'experts, ou par des documents officiels qui ont traité les causes, les conséquences et le processus impliqués dans le phénomène, mais en raison des problèmes méthodologiques, l'évaluation de la désertification demeure controversée. Le manque d'études d'inventaires scientifiquement robuste sur la désertification n'a pas encore rendu possible l'obtention d'une image claire de l'état de dégradation de ces terres.

Le Maroc est amené à rechercher une méthode de surveillance basée sur l'information issue de la télédétection spatiale, de données biophysiques et socio-économiques pour le développement d'une base de données et d'indicateurs de désertification.

Un tel outil est réalisable actuellement au Maroc et il pourrait constituer une aide précieuse à la lutte contre la désertification des terres de parcours du pays.

Remerciement

Nous remercions la Coopération Technique Belge (BTC-CTB) pour son appui financier à cette étude.

Références bibliographiques

1. Aïdoud A., Le Floc'h E. & Le Houérou H.N., 2006, Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, **17**, 1-2, 19-30.
2. Berkat O. & Hammoui M., 1990, Etude de synthèse cartographique sur les parcours des communes rurales de Mérja, El Ateuf, Tendirra et Bouarfa». M.A.R.A., Rabat. 56 p.
3. Berkat O. & Tazi M., Profil fourrager Maroc. In: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/frenchtrad/morocco_fr/Morocco_fr.htm.
4. Boulanouar B. & Benlekhal A., 2006, L'élevage ovin au Maroc: de la production à la consommation. L'élevage du mouton et ses systèmes de production au Maroc, 3-32.
5. Brauch H.G., 2002, Urbanization and natural disasters in the Mediterranean: population growth and climate change in the 21st Century. Chap. 11, 149-164, in: <http://www.afes-press.de>.
6. Davis D.K., 2005, Indigenous knowledge and the desertification debate: problematising expert knowledge in North Africa. *Geoforum*, **36**, 509-524.
7. Driouech F., 2006, Etude des indices de changements climatiques sur le Maroc: températures et précipitations. DMN "INFOMET" de novembre. Casablanca.
8. El Koudrim M., Mahyou H., Acherkouk M., Bentaleb M., Bouayad A. & Bounejmate M., 2001, Etude de l'extension des cultures sur les parcours. Cas de la Commune Rurale des Béni Mathar. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agro-pastorale dans l'Orient du Maroc". Oujda, 73-84 p.
9. El Koudrim M. & Bechchari A., 2005, Mise en culture des parcours du Maroc oriental. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agropastorales de base dans le Maghreb". Oujda, 175-185.
10. Escadafal R., 2007, Les bases de la surveillance de la désertification par satellites. *Sécheresse*, **18**, 4, 263-70.
11. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 1987, Committee on agriculture (9th session). Improving Productivity of Dryland Areas. FAO, Rome.
12. Ghazi M., 2003, Phyto-écologie, production et valorisation de l'Alfa (*Stipa tenacissima*) du Maroc Oriental. Thèse de Doctorat. Université Mohamed I, Oujda.
13. Gommès R., El Hairech T., Rosillon D. & Balaghi R., 2009, Impact of climate change on agricultural yields in Morocco. FAO. Roma, Italy. 105 p.
14. <http://postel.mediasfrance.org/fr/PROJETS/Pre-operationnels-GMES/GLOBCOVER/>
15. Knippertz P., 2003, Tropical-extratropical interactions causing precipitation in Northwest Africa: statistical analysis and seasonal variations. *Monthly Weather Review*, **131**: 3069-3076.
16. Le Houérou H.N., 2006, Environmental constraints and limits to livestock husbandry in arid lands. *Sécheresse*, **17**, 1-2, 10-8.
17. M.A.D.R.P.M., 2007, Etude de la nappe alfatière. Communes rurales de Maâtarka, Tendirra et Beni Guil. Etat actuel. Rabat. 29 p.
18. M.A.R.A., 1970, Etude pour l'aménagement des terrains de parcours du Maroc oriental. 1^{re} partie: situation actuelle. Rabat, 439 p.
19. M.A.R.A., 1986, Développement de la Production Fourragère. Parcours hors forêt. Rabat. 182 p.
20. M.A.R.A., 1992, Stratégie de Développement des Terres de Parcours au Maroc. Situation Actuelle des Terres de Parcours. Volume 1. Rabat, 103 p.
21. Maâtougui A., Acherkouk M., Mahyou H., Tiedeman J., El Mourid M. & Dutilly-Diane C., 2005, Ecosystème pastoral de la commune rurale de Maâtarka: écologie et productivité. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agropastorales de base dans le Maghreb". Oujda, 137-149.
22. Mahyou H., Tahri M., Nicola T. & Bounejmate M., 2001, Etude de la dégradation des parcours de Ain Beni Mathar. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agropastorales de base dans le Maghreb". Oujda: 73-84.
23. Mahyou H., Maâtougui A., Acherkouk M., Tiedeman J. & El Mourid M., 2005, Etude de la dégradation des parcours de la commune Rurale de Maâtarka. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agropastorales de base dans le Maghreb". Oujda: 161-174.
24. Millennium Ecosystem Assessment, 2005, Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. 100 p.
25. Narjisse H., 2006, Les écosystèmes agricoles et pastoraux: état des lieux et voies d'évolution. Cinquante ans de développement humain au Maroc et perspectif 2025, 349-391.
26. Programme d'Action National de lutte contre la désertification, 2000, M.A.D.R.E.F. Rabat. Maroc, 62 p.
27. Royaume du Maroc. Haut commissariat au plan, 2004, recensement général de la population et de l'habitat. Rapport National, 68 p.
28. Tueller P.T., 1989, Remote sensing technology for rangeland management applications. *Journal of range management*, **42**, 6, 442-453.
29. UNCCD., 1994, United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. United Nations Environment Programme (UNEP). Geneva Executive Center. Geneve. 71 p.

H. Mahyou, Marocain, Ingénieur d'Etat en Agronomie, Doctorant en Science (Université de Liège. Belgique), Chercheur et responsable du Laboratoire Système d'Information Géographique et télédétection spatiale, Institut National de la Recherche Agronomique, Maroc.

B. Tychon, Belge, Docteur en Sciences de l'Environnement, Professeur et Chef de Travaux dans le Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences de l'Université de Liège, Belgique.

R. Balaghi, Marocain, Docteur en Sciences de l'Environnement, Chef du Département de l'Environnement et des Ressources Naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique, Maroc.

J. Mimouni, Marocain, Doctorat d'Etat ès Sciences Biologiques, Chercheur en agro-climatologie, Institut National de la Recherche Agronomique, Maroc.

R. Paul, Belge, Docteur en Sciences agronomiques, Professeur, Faculté des Sciences de l'Université de Liège, Belgique.